Министерство образования Российской Федерации

ГОУ ВПО «Уральский государственный технический университет – УПИ»

# ХИМИЯ

Информационно-справочный материал

для студентов 1 курса всех форм обучения

Екатеринбург

2003

Министерство образования Российской Федерации

ГОУ ВПО «Уральский государственный технический университет – УПИ»

# ХИМИЯ

Информационно-справочный материал
для студентов 1 курса всех форм обучения

Екатеринбург

2003

УДК 546

Составители Е.А.Юдина, М.Г.Иванов, С.Д.Ващенко

Научный редактор доц., канд. хим. наук О.А.Антропова

ХИМИЯ: Информационно-справочный материал / Е.А.Юдина, М.Г.Иванов, С.Д.Ващенко. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2003. 23 с.

Данное издание состоит из таблиц, содержащих различные физико-химические данные о свойствах элементов и их соединений.

Вследствие расхождения в ряде справочников численных значений некоторых величин, характеризующих свойства сложных веществ, применение единого методического руководства при изучении курса химии значительно облегчит выбор студентами данных, необходимых для решения задач, и последующую проверку преподавателями правильности выполнения задания. Работа служит для обучения и не может быть использовано для ссылок в научной литературе.

Табл. 16.

Подготовлено кафедрой общей химии и природопользования.

Таблица 1

**Значения важнейших констант**

| Константа | Значение |
|---|---|
| Масса нейтрона | $m_n = 1{,}674928 \cdot 10^{-27}$ кг |
| Масса протона | $m_p = 1{,}672623 \cdot 10^{-27}$ кг |
| Масса электрона | $m_e = 9{,}109389 \cdot 10^{-31}$ кг |
| Радиус электрона | $r_e = 2{,}8177 \cdot 10^{-15}$ м |
| Заряд электрона (элементарный заряд) | $e = 1{,}602177 \cdot 10^{-19}$ Кл |
| Объем моля идеального газа при н.у. | $V_M = 22{,}4141$ л · моль$^{-1}$ |
| Постоянная Авогадро | $N_A = 6{,}0221 \cdot 10^{23}$ моль$^{-1}$ |
| Постоянная Планка | $h = 6{,}6260755 \cdot 10^{-34}$ Дж · с |
| Постоянная Фарадея | $F = 96485{,}309 \cdot$ Кл · моль$^{-1}$ |
| Постоянная Ридберга | $R_\infty = 10{,}9737 \cdot 10^{6}$ м |
| Универсальная газовая постоянная | $R = 8{,}3145$ Дж · моль$^{-1}$ · град$^{-1}$ |
| Скорость света в вакууме | $C = 2{,}997925 \cdot 10^{8}$ м · с$^{-1}$ |
| Тройная точка воды | 273,16 К |

Таблица 2

**Соотношения между единицами некоторых величин**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ангстрем (Å) | $1 \cdot 10^{-10}$ м | Атмосфера техническая (ат) | $9{,}80665 \cdot 10^{4}$ Па |
| Микрон (мк) | $1 \cdot 10^{-6}$ м | Атмосфера физическая (атм) | $1{,}01325 \cdot 10^{5}$ Па |
| Дюйм | $2{,}54 \cdot 10^{-2}$ м | Бар (бар) | $1 \cdot 10^{5}$ Па |
| Литр (л) | $1 \cdot 10^{-3}$ м$^{3}$ | Торр | 133,322 Па |
| $x^0$C (Цельсия) | (x+273,15) К | Миллиметр ртутного столба (мм рт. ст.) | 133,322 Па |
| $x^0$F (Фаренгейта) | (0,556x + 255,38) К | Киловатт-час (кВт·ч) | $3{,}6 \cdot 10^{6}$ Дж |
| Карат (кар) | $2 \cdot 10^{-4}$ кг | Калория международная (кал) | 4,1868 Дж |
| Атомная единица массы (а.е.м.) | $1{,}66056 \cdot 10^{-27}$ кг | Калория термохимическая (кал$_{тх}$) | 4,1840 Дж |
| Дебай (D) | $3{,}33564 \cdot 10^{-30}$ Кл·м | Электрон-вольт (эВ) | $1{,}60206 \cdot 10^{-19}$ Дж |

Таблица 3

**Множители и приставки для образования десятичных кратных и дольных единиц и их наименований**

| Множитель | Приставка | Обозначение | Множитель | Приставка | Обозначение |
|---|---|---|---|---|---|
| $10^{-1}$ | деци | д | $10^{1}$ | дека | да |
| $10^{-2}$ | санти | с | $10^{2}$ | гекто | г |
| $10^{-3}$ | милли | м | $10^{3}$ | кило | к |
| $10^{-6}$ | микро | мк | $10^{6}$ | мега | М |
| $10^{-9}$ | нано | н | $10^{9}$ | гига | Г |
| $10^{-12}$ | пико | п | $10^{12}$ | тера | Т |

Таблица 4

**Значения относительных электроотрицательностей атомов элементов (по Полингу)**

| I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| H<br>2,15 | | | | | | (H)<br>2,15 | |
| Li<br>0,97 | Be<br>1,57 | B<br>2,01 | C<br>2,55 | N<br>3,04 | O<br>3,44 | F<br>3,98 | |
| Na<br>0,93 | Mg<br>1,31 | Al<br>1,61 | Si<br>1,90 | P<br>2,19 | S<br>2,58 | Cl<br>3,16 | |
| K<br>0,82<br>Cu<br>1,90 | Ca<br>1,00<br>Zn<br>1,65 | Sc<br>1,36<br>Ga<br>1,81 | Ti<br>1,54<br>Ge<br>2,01 | V<br>1,63<br>As<br>2,18 | Cr<br>1,66<br>Se<br>2,55 | Mn<br>1,55<br>Br<br>2,96 | Fe Co Ni<br>1,83 1,88 1,91 |
| Rb<br>0,82<br>Ag<br>1,93 | Sr<br>0,95<br>Cd<br>1,69 | Y<br>1,22<br>In<br>1,78 | Zr<br>1,33<br>Sn<br>1,96 | Nb<br>1,60<br>Sb<br>2,05 | Mo<br>1,80<br>Te<br>2,10 | Tc<br>1,90<br>I<br>2,66 | Ru Rh Pd<br>2,20 2,28 1,20 |
| Cs<br>0,79<br>Au<br>2,54 | Ba<br>0,89<br>Hg<br>2,00 | La*<br>1,10<br>Tl<br>2,04 | Hf<br>1,30<br>Pb<br>2,33 | Ta<br>1,50<br>Bi<br>2,03 | W<br>1,70<br>Po<br>2,00 | Re<br>1,90<br>At<br>2,20 | Os Ir Pt<br>2,20 2,20 2,28 |
| Fr<br>0,86 | Ra<br>0,97 | Ac**<br>1,10 | | | | | |

*Лантаноиды - 1,10÷1,30

**Актиноиды - 1,20÷1,50

F 0, −1
S −1 (−2) 0, +2, +4, (+6)
N = −3, ±1, 0, ±2 +3, +4 (+5)
P = −3, 0, +1, +3 (+5)
$P_2O_3$, $P_2O_5$

Таблица 5

## Термодинамические характеристики элементов и их соединений

| Соединение | $\Delta H^o$, кДж/моль | $\Delta G^o$, кДж/моль | $S^o$, Дж/(моль·К) |
|---|---|---|---|
| $Ag^{+}$ (водн) | 105,90 | 77,11 | 73,93 |
| $AgCl$ (тв) | –127,00 | –109,70 | 96,11 |
| $Al$ (тв) | 0,00 | 0,00 | 28,32 |
| $Al_2O_3$ (тв) | –1669,80 | –1576,50 | 51,00 |
| $Ba$ (тв) | 0,00 | 0,00 | 63,20 |
| $Br$ (г) | 111,80 | 82,38 | 174,90 |
| $Br^{-}$ (водн) | –120,90 | –102,80 | 80,71 |
| $Br_2$ (г) | 30,71 | 3,14 | 245,30 |
| $Br_2$ (ж) | 0,00 | 0,00 | 152,30 |
| $C$ (алмаз) | 1,88 | 2,84 | 2,43 |
| $C$ (графит) | 0,00 | 0,00 | 5,69 |
| $CCl_4$ (г) | –106,70 | –64,00 | 309,40 |
| $CCl_4$ (ж) | –139,30 | –68,60 | 214,40 |
| $CF_4$ (г) | –679,90 | –635,10 | 262,30 |
| $CO$ (г) | –110,50 | –137,30 | 197,90 |
| $CO_2$ (г) | –393,50 | –394,40 | 213,60 |
| $CH_4$ (г) | –74,80 | –50,80 | 186,30 |
| $C_2H_2$ (г) | 226,70 | 209,20 | 200,80 |
| $C_2H_4$ (г) | 52,30 | 68,11 | 219,40 |
| $C_2H_6$ (г) | –84,68 | –32,89 | 229,50 |
| $C_3H_8$ (г) | –103,85 | -23,47 | 269,90 |
| $CH_3OH$ (г) | -201,20 | -161,90 | 237,60 |
| $CH_3OH$ (ж) | -238,60 | -166,23 | 126,80 |
| $C_2H_5OH$ (г) | -277,70 | -174,76 | 160,70 |
| $CH_3COOH$ (ж) | -487,00 | -392,40 | 159,80 |
| $C_6H_6$ (ж) | 49,00 | 124,50 | 172,80 |
| $C_6H_6$ (г) | 82,90 | 129,70 | 269,20 |
| $Ca$ (тв) | 0,00 | 0,00 | 41,40 |
| $CaCO_3$ (кальцит) | -1207,10 | -1128,76 | 92,88 |
| $CaO$ (тв) | -635,50 | -604,17 | 39,75 |
| $Ca(OH)_2$ (тв) | -986,20 | -898,50 | 83,40 |
| $Cl_2$ (г) | 0,00 | 0,00 | 222,96 |
| $Co$ (тв) | 0,00 | 0,00 | 28,40 |
| $Cr$ (тв) | 0,00 | 0,00 | 23,60 |
| $Cu$ (тв) | 0,00 | 0,00 | 33,30 |
| $F$ (г) | 80,00 | 61,90 | 158,70 |
| $F_2$ (г) | 0,00 | 0,00 | 202,70 |

| Продолжение табл. 5 | | | |
|---|---|---|---|
| Соединение | ΔH° кДж/моль | ΔG° кДж/моль | S° Дж/(моль·К) |
| $Fe_{(тв)}$ | 0,00 | 0,00 | 27,15 |
| $Fe^{2+}_{(водн)}$ | –87,86 | –84,93 | 113,40 |
| $Fe^{3+}_{(водн)}$ | –47,69 | –10,54 | 293,30 |
| $FeCl_{3\ (тв)}$ | –405,00 | – | – |
| $Fe_2O_{3\ (тв)}$ | –822,16 | –740,98 | 89,96 |
| $Fe_3O_{4\ (тв)}$ | –1117,10 | –1014,20 | 146,40 |
| $H_{(г)}$ | 217,94 | 203,26 | 114,60 |
| $H^{+}_{(водн)}$ | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| $HBr_{(г)}$ | –36,23 | –53,22 | 198,49 |
| $HCl_{(г)}$ | –92,30 | –95,27 | 186,69 |
| $HF_{(г)}$ | –268,61 | –270,70 | 173,51 |
| $HI_{(г)}$ | 25,94 | 1,30 | 206,30 |
| $H_{2\ (г)}$ | 0,00 | 0,00 | 130,58 |
| $H_2O_{(г)}$ | –241,80 | –228,61 | 188,70 |
| $H_2O_{(ж)}$ | –285,85 | –236,81 | 69,96 |
| $H_2O_{2\ (г)}$ | –136,10 | –105,48 | 232,90 |
| $H_2O_{2\ (ж)}$ | –187,80 | –120,40 | 109,60 |
| $H_2S_{(г)}$ | –20,17 | –33,01 | 205,60 |
| $Hg_{(ж)}$ | 0,00 | 0,00 | 77,40 |
| $I_{(г)}$ | 106,60 | 70,16 | 180,66 |
| $I_{2\ (тв)}$ | 0,00 | 0,00 | 116,73 |
| $I_{2\ (г)}$ | 62,25 | 19,37 | 260,57 |
| $KCl_{(тв)}$ | –435,90 | –408,30 | 82,70 |
| $KClO_{3\ (тв)}$ | –391,20 | –289,90 | 143,00 |
| $KClO_{3\ (водн)}$ | –349,50 | –284,90 | 265,70 |
| $KNO_{3\ (тв)}$ | –492,70 | –393,13 | 288,10 |
| $Mg_{(тв)}$ | 0,00 | 0,00 | 32,51 |
| $MgCl_{2\ (тв)}$ | –641,60 | –592,10 | 89,60 |
| $Mn_{(тв)}$ | 0,00 | 0,00 | 32,00 |
| $MnO_{2\ (тв)}$ | –519,60 | –464,80 | 53,14 |
| $NH_{3\ (г)}$ | –46,19 | –16,66 | 192,50 |
| $NH_4Cl_{(тв)}$ | –314,40 | –203,00 | 94,60 |
| $NH_4NO_{3\ (тв)}$ | –365,60 | –184,00 | 151,00 |
| $NO_{(г)}$ | 90,37 | 86,71 | 210,62 |
| $NO_{2\ (г)}$ | 33,84 | 51,84 | 240,45 |
| $NOCl_{(г)}$ | 52,60 | 66,30 | 264,00 |
| $N_{2\ (г)}$ | 0,00 | 0,00 | 191,50 |
| $N_2O_{(г)}$ | 81,60 | 103,59 | 220,00 |
| $N_2O_{4\ (г)}$ | 9,66 | 98,28 | 304,30 |
| $NaBr_{(водн)}$ | –360,60 | –364,70 | 141,00 |

Окончание табл. 5

| Соединение | ΔH° кДж/моль | ΔG° кДж/моль | S° Дж/(моль·К) |
|---|---|---|---|
| NaCl (тв) | –410,90 | –384,00 | 72,33 |
| NaCl (водн) | –407,10 | –393,00 | 115,50 |
| $NaHCO_3$ (тв) | –947,70 | –851,80 | 102,10 |
| $Na_2CO_3$ (тв) | –1130,90 | –1047,70 | 136,00 |
| $NaNO_3$ (водн) | –446,20 | –372,40 | 207,00 |
| Ni (тв) | 0,00 | 0,00 | 29,90 |
| O (г) | 247,50 | 230,10 | 161,00 |
| $O_2$ (г) | 0,00 | 0,00 | 205,00 |
| $O_3$ (г) | 142,30 | 163,40 | 237,60 |
| $OH^-$ (водн) | –230,00 | –157,30 | –10,70 |
| $P_4$ (г) | 54,80 | 24,30 | 280,00 |
| $PCl_3$ (ж) | –319,60 | –272,40 | 217,00 |
| $PH_3$ (г) | 23,00 | 25,50 | 210,00 |
| $POCl_3$ (г) | –542,20 | –502,50 | 325,00 |
| $POCl_3$ (ж) | –597,00 | –520,90 | 222,00 |
| $P_4O_6$ (тв) | –1640,10 | – | – |
| $P_4O_{10}$ (тв. гекс) | –2940,10 | –2675,20 | 228,90 |
| $PbBr_2$ (тв) | –277,40 | –260,70 | 161,00 |
| $Pb(NO_3)_2$ (тв) | –451,90 | – | – |
| $Pb(NO_3)_2$ (водн) | –421,30 | – | – |
| RbCl (тв) | –430,50 | –412,00 | 92,00 |
| $RbClO_3$ (тв) | –392,40 | –292,00 | 152,00 |
| S (тв. ромбическое) | 0,00 | 0,00 | 31,88 |
| $SO_2$ (г) | –296,90 | –300,40 | 248,50 |
| $SO_3$ (г) | –395,20 | –370,40 | 256,20 |
| $SOCl_2$ (ж) | –245,60 | – | – |
| Sc (тв) | 0,00 | 0,00 | 34,60 |
| Si (г) | 368,20 | 323,90 | 167,80 |
| $SiCl_4$ (ж) | –640,10 | –572,80 | 239,30 |
| V (тв) | 0,00 | 0,00 | 28,90 |
| Zn (тв) | 0,00 | 0,00 | 41,63 |
| ZnO (тв) | –348,00 | –318,20 | 43,90 |

Fe $3d^6 4s^2$ +2 +3 +6 FeO $Fe_2O_3$ $Fe_3O_4$ $FeO_3$
Co $3d^7 4s^2$ +2 +3 $Fe(OH)_2$ $Fe(OH)_3$ $H_2FeO_4$
Ni $3d^8 4s^2$ +2 +3 осн. амф. кисл.

Mn 0 +2 +3 +4 +5 +6 +7
Tc +7
Re +7

Cr +2 +3 +6
Mo +2 +3 +4 +5 +6
W +6

Таблица 6

## Растворимость кислот, оснований и солей в воде

| Катионы | Анионы | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $OH^-$ | $Br^-$ ; $Cl^-$ | $CO_3^{2-}$ | $S^{2-}$ | $SiO_3^{2-}$ | $SO_3^{2-}$ | $SO_4^{2-}$ | $PO_4^{3-}$ | $CH_3COO^-$ |
| $H^+$ | | Р | Р | Р | Н | Р | Р | Р | Р |
| $Ag^+$ | -*- | Н | Н | Н | Н | Н | Н | Н | Р |
| $Al^{3+}$ | Н | Р | -*- | -*- | Н | -*- | Р | Н | Р |
| $Ba^{2+}$ | Р | Р | Н | Р | Н | Н | Н | Н | Р |
| $Be^{2+}$ | Н | Р | Н | -*- | -*- | -*- | Р | Н | Н |
| $Bi^{3+}$ | Н | -*- | Н | Н | -*- | Н | Р | Н | Р |
| $Ca^{2+}$ | Н | Р | Н | Р | Н | Н | Н | Н | Р |
| $Cd^{2+}$ | Н | Р | Н | Н | Н | Н | Р | Н | Р |
| $Co^{2+}$ | Н | Р | Н | Н | Н | Н | Р | Н | Р |
| $Cr^{3+}$ | Н | Р | -*- | -*- | Н | -*- | Р | Н | Р |
| $Cu^{2+}$ | Н | Р | Н | Н | Н | Н | Р | Н | Р |
| $Fe^{2+}$ | Н | Р | Н | Н | Н | Н | Р | Н | Р |
| $Fe^{3+}$ | Н | Р | -*- | -*- | Н | -*- | Р | Н | Р |
| $Hg^{2+}$ | -*- | Н; Р | Н | -*- | -*- | Н | -*- | Н | Р |
| $Mg^{2+}$ | Н | Р | Н | -*- | Н | Н | Р | Н | Р |
| $Mn^{2+}$ | Н | Р | Н | Н | Н | Н | Р | Н | Р |
| $NH_4^+$ | Р | Р | Р | Р | -*- | Р | Р | Р | Р |
| $Ni^{2+}$ | Н | Р | Н | Н | Н | Н | Р | Н | Р |
| $Pb^{2+}$ | Н | Н | Н | Н | Н | Н | Н | Н | Р |
| $Sn^{2+}$ | Н | Р | -*- | Н | -*- | -*- | Р | Н | -*- |
| $Sr^{2+}$ | Р | Р | Н | Р | Н | Н | Н | Н | Р |
| $Zn^{2+}$ | Н | Р | Н | Н | Н | Н | Р | Н | Р |

Примечание.
**Р** – растворимые,
Н – нерастворимые,
-*- в водных растворах не существуют.
**Внимание!** Гидроксиды и соли, образованные катионами $K^+$, $Na^+$, а также соли азотной кислоты (анион $NO_3^-$) **растворимы**.

+2 +3 +4 +5
V Nb Ta
VO осн $V_2O_3$ осн
$VO_2$ амф $NbO_2$ $TaO_2$
$V_2O_5$ сл. кисл $Nb_2O_5$ амф $Ta_2O_5$ амф

Таблица 7

## Произведение растворимости труднорастворимых веществ в воде (298,15 К)

| Название | Формула | ПР | Название | Формула | ПР |
|---|---|---|---|---|---|
| **Бария** | | | **Меди (II)** | | |
| карбонат | $BaCO_3$ | $5{,}1\cdot10^{-9}$ | гидроксид | $Cu(OH)_2$ | $2{,}2\cdot10^{-20}$ |
| оксалат | $BaC_2O_4$ | $1{,}6\cdot10^{-7}$ | карбонат | $CuCO_3$ | $1{,}4\cdot10^{-10}$ |
| сульфат | $BaSO_4$ | $1{,}1\cdot10^{-10}$ | сульфид | $CuS$ | $6{,}3\cdot10^{-36}$ |
| фосфат | $Ba_3(PO_4)_2$ | $3{,}4\cdot10^{-23}$ | фосфат | $Cu_3(PO_4)_2$ | $1{,}3\cdot10^{-37}$ |
| фторид | $BaF_2$ | $1{,}0\cdot10^{-6}$ | хромат | $CuCrO_4$ | $3{,}6\cdot10^{-6}$ |
| хромат | $BaCrO_4$ | $1{,}2\cdot10^{-10}$ | **Никеля (II)** | | |
| **Железа(II)** | | | гидроксид | $Ni(OH)_2$ | $1{,}6\cdot10^{-14}$ |
| гидроксид | $Fe(OH)_2$ | $8{,}0\cdot10^{-16}$ | карбонат | $NiCO_3$ | $6{,}6\cdot10^{-9}$ |
| карбонат | $FeCO_3$ | $3{,}2\cdot10^{-11}$ | оксалат | $NiC_2O_4$ | $4\cdot10^{-10}$ |
| сульфид | $FeS$ | $6{,}3\cdot10^{-18}$ | α-сульфид | $NiS$ | $3{,}2\cdot10^{-19}$ |
| **Железа (III)** | | | **Олова (II)** | | |
| гидроксид | $Fe(OH)_3$ | $4{,}0\cdot10^{-38}$ | гидроксид | $Sn(OH)_2$ | $1{,}4\cdot10^{-28}$ |
| **Золота (I)** | | | сульфид | $SnS$ | $1{,}0\cdot10^{-25}$ |
| хлорид | $AuCl$ | $2{,}0\cdot10^{-13}$ | **Ртути (I)** | | |
| **Золота (III)** | | | оксалат | $Hg_2C_2O_4$ | $2{,}0\cdot10^{-13}$ |
| хлорид | $AuCl_3$ | $3{,}2\cdot10^{-25}$ | сульфид | $Hg_2S$ | $1{,}0\cdot10^{-47}$ |
| **Кадмия** | | | хлорид | $Hg_2Cl_2$ | $1{,}3\cdot10^{-18}$ |
| гидроксид | $Cd(OH)_2$ | $2{,}5\cdot10^{-14}$ | **Ртути (II)** | | |
| карбонат | $CdCO_3$ | $5{,}2\cdot10^{-12}$ | сульфид | $HgS$ | $4{,}0\cdot10^{-53}$ |
| сульфид | $CdS$ | $8{,}0\cdot10^{-27}$ | **Свинца (II)** | | |
| **Кальция** | | | гидроксид | $Pb(OH)_2$ | $1{,}2\cdot10^{-15}$ |
| гидроксид | $Ca(OH)_2$ | $5{,}5\cdot10^{-6}$ | карбонат | $PbCO_3$ | $7{,}4\cdot10^{-14}$ |
| карбонат | $CaCO_3$ | $2{,}8\cdot10^{-9}$ | сульфат | $PbSO_4$ | $1{,}6\cdot10^{-8}$ |
| сульфат | $CaSO_4$ | $9{,}1\cdot10^{-6}$ | сульфид | $PbS$ | $8{,}0\cdot10^{-28}$ |
| фосфат | $Ca_3(PO_4)_2$ | $2{,}0\cdot10^{-29}$ | фторид | $PbF_2$ | $2{,}7\cdot10^{-8}$ |
| фторид | $CaF_2$ | $3{,}9\cdot10^{-11}$ | хлорид | $PbCl_2$ | $1{,}6\cdot10^{-5}$ |
| хромат | $CaCrO_4$ | $7{,}1\cdot10^{-4}$ | хромат | $PbCrO_4$ | $2{,}8\cdot10^{-13}$ |
| **Кобальта (II)** | | | **Серебра (I)** | | |
| гидроксид | $Co(OH)_2$ | $1{,}6\cdot10^{-15}$ | арсенат | $Ag_3AsO_4$ | $1{,}0\cdot10^{-22}$ |
| карбонат | $CoCO_3$ | $1{,}4\cdot10^{-13}$ | бромид | $AgBr$ | $5{,}0\cdot10^{-13}$ |
| α-сульфид | $CoS$ | $4{,}0\cdot10^{-21}$ | иодид | $AgI$ | $8{,}3\cdot10^{-17}$ |
| **Кобальта (III)** | | | карбонат | $Ag_2CO_3$ | $8{,}1\cdot10^{-12}$ |
| гидроксид | $Co(OH)_3$ | $1{,}6\cdot10^{-44}$ | сульфат | $Ag_2SO_4$ | $1{,}4\cdot10^{-5}$ |
| **Лантана (III)** | | | хлорид | $AgCl$ | $1{,}8\cdot10^{-10}$ |
| иодат | $La(IO_3)_3$ | $6{,}1\cdot10^{-12}$ | хромат | $Ag_2CrO_4$ | $1{,}1\cdot10^{-12}$ |
| фторид | $LaF_3$ | $7{,}0\cdot10^{-17}$ | цианид | $AgCN$ | $1{,}2\cdot10^{-16}$ |

Окончание табл.7

| Название | Формула | ПР | Название | Формула | ПР |
|---|---|---|---|---|---|
| **Магния** | | | | | |
| гидроксид | $Mg(OH)_2$ | $1{,}8\cdot10^{-11}$ | **Стронция** | | |
| оксалат | $MgC_2O_4$ | $8{,}6\cdot10^{-5}$ | карбонат | $SrCO_3$ | $1{,}1\cdot10^{-10}$ |
| **Марганца (II)** | | | **Хрома (III)** | | |
| гидроксид | $Mn(OH)_2$ | $1{,}9\cdot10^{-13}$ | гидроксид | $Cr(OH)_3$ | $6{,}3\cdot10^{-31}$ |
| карбонат | $MnCO_3$ | $1{,}8\cdot10^{-11}$ | фторид | $CrF_3$ | $6{,}6\cdot10^{-11}$ |
| сульфид | MnS | $1{,}0\cdot10^{-13}$ | **Цинка** | | |
| **Меди (I)** | | | гидроксид | $Zn(OH)_2$ | $1{,}2\cdot10^{-17}$ |
| бромид | CuBr | $5{,}3\cdot10^{-9}$ | карбонат | $ZnCO_3$ | $1{,}4\cdot10^{-11}$ |
| сульфид | $Cu_2S$ | $2{,}5\cdot10^{-48}$ | оксалат | $ZnC_2O_4$ | $2{,}7\cdot10^{-8}$ |
| хлорид | CuCl | $1{,}2\cdot10^{-6}$ | α-сульфид | ZnS | $1{,}1\cdot10^{-21}$ |

Ti (+4) +3 +2 $3d^2 4s^2$ TiO $Ti_2O_3$
Zr $4d^2 5s^2$ осн. амф.
Hf $5d^2 6s^2$

Sc +3 $3d^1 4s^2$

Таблица 8

## Области перехода некоторых индикаторов

| Название | Область перехода, PH | Изменение окраски |
|---|---|---|
| Тимоловый синий | 1,2 – 2,8 | Красная – желтая * |
| Метиловый оранжевый | 3,1 – 4,4 | Красная – оранжево-желтая |
| Метиловый красный | 4,4 – 6,2 | Красная – желтая |
| Лакмус | 5,0 – 8,0 | Красная – синяя |
| Тимоловый синий | 8,0 – 9,6 | Желтая – синяя * |
| Фенолфталеин | 8,2 – 10,0 | Бесцветная – синяя |
| Ализарин желтый | 10,1 – 12,1 | Желтая – лиловая |
| Тропеолин | 11,0 – 13,0 | Желтая – оранжево-коричневая |
| Индигокармин | 12,0 – 14,0 | Голубая – желтая |

* Индикатор тимоловый синий имеет две области перехода.

Zn $3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2$ +2 ZnO
Cd $4d^{10} 5s^2$ +2
Hg $5d^{10} 6s^2$ (+1, +2)

Cu $3d^{10} 4s^1$ +1 (+2) +3
Ag $4d^{10} 5s^1$ (+1) +2 +3
Au $5d^{10} 6s^1$ +1 +2 (+3)

Таблица 9

## Константы ионизации кислот (298,15 К)

| Название | Ступень ионизации | $К_Д$ | $pК_Н$ |
|---|---|---|---|
| Азотистая ($HNO_2$) | 1 | $4{,}00 \cdot 10^{-4}$ | 3,16 |
| Бензойная | 1 | $6{,}31 \cdot 10^{-5}$ | 4,20 |
| Борная (орто) $H_3BO_3$ | 1 | $5{,}78 \cdot 10^{-10}$ | 9,24 |
| | 2 | $5{,}50 \cdot 10^{-12}$ | 12,74 |
| | 3 | $6{,}31 \cdot 10^{-13}$ | 13,80 |
| Борная (тетра) ($H_2B_4O_7$) | 1 | $1{,}82 \cdot 10^{-4}$ | 3,74 |
| | 2 | $1{,}99 \cdot 10^{-8}$ | 7,70 |
| Бромноватая ($HBrO_3$) | 1 | $1{,}99 \cdot 10^{-2}$ | 0,70 |
| Бромноватистая ($HBrO$) | 1 | $2{,}19 \cdot 10^{-9}$ | 8,66 |
| Ванадиевая ($H_3VO_4$) | 1 | $1{,}82 \cdot 10^{-4}$ | 3,74 |
| | 2 | $3{,}16 \cdot 10^{-10}$ | 9,50 |
| | 3 | $3{,}98 \cdot 10^{-15}$ | 14,40 |
| Вольфрамовая $H_2WO_4$ | 1 | $6{,}31 \cdot 10^{-3}$ | 2,20 |
| | 2 | $1{,}99 \cdot 10^{-4}$ | 3,70 |
| Дихромовая ($H_2Cr_2O_7$) | 2 | $2{,}29 \cdot 10^{-2}$ | 1,64 |
| Железосинеродистая ($H_4[Fe(CN)_6]$) | 3 | $5{,}62 \cdot 10^{-3}$ | 2,25 |
| | 4 | $6{,}02 \cdot 10^{-5}$ | 4,22 |
| Иодноватая ($HIO_3$) | 1 | $1{,}70 \cdot 10^{-2}$ | 0,77 |
| Иодноватистая ($HIO$) | 1 | $2{,}29 \cdot 10^{-11}$ | 10,64 |
| Кремневая (орто) ($H_4SiO_4$) | 1 | $1{,}26 \cdot 10^{-10}$ | 9,90 |
| | 2 | $1{,}99 \cdot 10^{-12}$ | 11,70 |
| | 3 | $1{,}00 \cdot 10^{-12}$ | 12,00 |
| | 4 | $1{,}00 \cdot 10^{-12}$ | 12,00 |
| Марганцовистая ($H_2MnO_4$) | 1 | $1{,}00 \cdot 10^{-1}$ | 1,00 |
| | 2 | $7{,}08 \cdot 10^{-11}$ | 10,15 |
| Молибденовая ($H_2MoO_4$) | 1 | $2{,}88 \cdot 10^{-3}$ | 2,54 |
| | 2 | $1{,}38 \cdot 10^{-4}$ | 3,86 |
| Муравьиная ($HCOOH$) | 1 | $1{,}78 \cdot 10^{-4}$ | 3,75 |
| Мышьяковая ($H_3AsO_4$) | 1 | $5{,}65 \cdot 10^{-3}$ | 2,25 |
| | 2 | $1{,}75 \cdot 10^{-7}$ | 6,76 |
| | 3 | $2{,}54 \cdot 10^{-12}$ | 11,60 |
| Мышьяковистая ($H_3AsO_3$) | 1 | $6{,}31 \cdot 10^{-10}$ | 9,20 |
| Перекись водорода ($H_2O_2$) | 1 | $2{,}63 \cdot 10^{-12}$ | 11,58 |
| Родановодородная HCNS | 1 | $1{,}00 \cdot 10^{-1}$ | 1,00 |

| Продолжение табл. 9 | | | |
|---|---|---|---|
| Название | Ступень ионизации | $K_Д$ | $pK_Н$ |
| Селенистая ($H_2SeO_3$) | 1 | $3{,}5 \cdot 10^{-3}$ | 2,46 |
| | 2 | $5{,}0 \cdot 10^{-8}$ | 7,30 |
| Селеноводородная ($H_2Se$) | 1 | $1{,}70 \cdot 10^{-4}$ | 3,77 |
| | 2 | $1{,}00 \cdot 10^{-11}$ | 11,00 |
| Сернистая ($H_2SO_3$) | 1 | $1{,}71 \cdot 10^{-2}$ | 1,77 |
| | 2 | $5{,}98 \cdot 10^{-8}$ | 7,22 |
| Сероводородная ($H_2S$) | 1 | $1{,}02 \cdot 10^{-7}$ | 6,99 |
| | 2 | $1{,}22 \cdot 10^{-13}$ | 12,92 |
| Теллуристая ($H_2TeO_3$) | 1 | $3{,}16 \cdot 10^{-3}$ | 2,50 |
| | 2 | $1{,}82 \cdot 10^{-8}$ | 7,74 |
| Теллуроводородная ($H_2Te$) | 1 | $2{,}29 \cdot 10^{-3}$ | 2,64 |
| | 2 | $6{,}92 \cdot 10^{-13}$ | 12,16 |
| Теллуровая ($H_6TeO_6$) | 1 | $2{,}45 \cdot 10^{-8}$ | 7,61 |
| | 2 | $1{,}12 \cdot 10^{-11}$ | 10,95 |
| | 3 | $1{,}00 \cdot 10^{-15}$ | 15,00 |
| Тиосерная ($H_2S_2O_3$) | 1 | $2{,}51 \cdot 10^{-1}$ | 0,60 |
| | 2 | $2{,}75 \cdot 10^{-3}$ | 1,56 |
| Угольная ($H_2CO_3$) | 1 | $4{,}35 \cdot 10^{-7}$ | 6,36 |
| | 2 | $4{,}69 \cdot 10^{-11}$ | 10,33 |
| Уксусная ($CH_3COOH$) | 1 | $1{,}75 \cdot 10^{-5}$ | 4,76 |
| Фосфористая ($H_3PO_3$) | 1 | $3{,}09 \cdot 10^{-2}$ | 1,51 |
| | 2 | $6{,}31 \cdot 10^{-7}$ | 6,20 |
| Фосфорная (орто) ($H_3PO_4$) | 1 | $7{,}11 \cdot 10^{-3}$ | 2,15 |
| | 2 | $6{,}23 \cdot 10^{-8}$ | 7,21 |
| | 3 | $4{,}55 \cdot 10^{-13}$ | 12,34 |
| Фосфорная (пиро) ($H_4P_2O_7$) | 1 | $1{,}23 \cdot 10^{-1}$ | 0,91 |
| | 2 | $7{,}94 \cdot 10^{-3}$ | 2,10 |
| | 3 | $1{,}99 \cdot 10^{-7}$ | 6,70 |
| | 4 | $4{,}79 \cdot 10^{-10}$ | 9,32 |
| Фосфорноватая ($H_4P_2O_6$) | 1 | $6{,}31 \cdot 10^{-3}$ | 2,20 |
| | 2 | $1{,}55 \cdot 10^{-3}$ | 2,81 |
| | 3 | $5{,}37 \cdot 10^{-8}$ | 7,27 |
| | 4 | $9{,}33 \cdot 10^{-11}$ | 10,03 |
| Фосфорноватистая ($H_3PO_2$) | 1 | $7{,}94 \cdot 10^{-2}$ | 1,10 |
| Фтороводородная ($HF$) | 1 | $6{,}61 \cdot 10^{-4}$ | 3,18 |
| Хлорноватистая ($HClO$) | 1 | $5{,}01 \cdot 10^{-8}$ | 7,30 |

Окончание табл. 9

| Название | Ступень ионизации | $K_Д$ | $pK_H$ |
|---|---|---|---|
| Хромовая ($H_2CrO_4$) | 1 | 3,55 | -0,55 |
| | 2 | $3{,}36 \cdot 10^{-7}$ | 6,50 |
| Циановая (HOCN) | 1 | $3{,}54 \cdot 10^{-4}$ | 3,45 |
| Циановодородная (HCN) | 1 | $7{,}90 \cdot 10^{-10}$ | 10,10 |
| Щавелевая ($H_2C_2O_4$) | 1 | $5{,}40 \cdot 10^{-2}$ | 1,27 |
| | 2 | $5{,}23 \cdot 10^{-5}$ | 4,28 |
| ЭДТА (Этилендиаминтетрауксусная) | 1 | $9{,}81 \cdot 10^{-3}$ | 2,00 |
| | 2 | $2{,}08 \cdot 10^{-3}$ | 2,68 |
| | 3 | $7{,}98 \cdot 10^{-7}$ | 6,10 |
| | 4 | $6{,}60 \cdot 10^{-11}$ | 10,81 |

К.С – назыв. молек. соед. опр. сост., образ. которых из более простых молекул не связано с обр. новых электр. пар

Таблица 10

**Константы ионизации оснований (298,15 К)**

| Названия | Ступень ионизации | $K_Д$ | $pK_{OH}$ |
|---|---|---|---|
| Аммиака раствор | 1 | $1{,}79 \cdot 10^{-5}$ | 4,755 |
| Алюминия(III) гидроксид | 3 | $1{,}38 \cdot 10^{-9}$ | 8,86 |
| Гидроксиламин | 1 | $8{,}90 \cdot 10^{-9}$ | 8,05 |
| Железа (II) гидроксид | 2 | $1{,}30 \cdot 10^{-4}$ | 3,89 |
| Железа (III) гидроксид | 2 | $1{,}82 \cdot 10^{-11}$ | 10,74 |
| | 3 | $1{,}35 \cdot 10^{-12}$ | 11,87 |
| Кадмия(II) гидроксид | 2 | $5{,}01 \cdot 10^{-3}$ | 2,30 |
| Кальция гидроксид | 2 | $4{,}00 \cdot 10^{-2}$ | 1,40 |
| Кобальта (II) гидроксид | 2 | $3{,}98 \cdot 10^{-5}$ | 4,40 |
| Магния гидроксид | 2 | $2{,}50 \cdot 10^{-3}$ | 2,60 |
| Марганца (II) гидроксид | 2 | $5{,}00 \cdot 10^{-4}$ | 3,30 |
| Меди (II) гидроксид | 2 | $3{,}40 \cdot 10^{-7}$ | 6,47 |
| Никеля (II) гидроксид | 2 | $2{,}51 \cdot 10^{-5}$ | 4,60 |
| Свинца (II) гидроксид | 1 | $9{,}55 \cdot 10^{-4}$ | 3,02 |
| | 2 | $3{,}00 \cdot 10^{-8}$ | 7,52 |
| Хрома (III) гидроксид | 3 | $1{,}02 \cdot 10^{-10}$ | 9,99 |
| Цинка (II)гидроксид | 2 | $4{,}00 \cdot 10^{-5}$ | 4,40 |

Таблица 11

## Константы устойчивости координационных соединений (298,15 К)

| Аммиачные соединения | | |
|---|---|---|
| Ион | $К_{уст}$ | lg $К_{уст}$ |
| $[Ag(NH_3)_2]^+$ | $1{,}74 \cdot 10^{7}$ | 7,24 |
| $[Cd(NH_3)_4]^{2+}$ | $3{,}63 \cdot 10^{6}$ | 6,56 |
| $[Co(NH_3)_6]^{2+}$ | $2{,}45 \cdot 10^{4}$ | 4,39 |
| $[Co(NH_3)_6]^{3+}$ | $1{,}99 \cdot 10^{35}$ | 35,30 |
| $[Cu(NH_3)_2]^+$ | $7{,}25 \cdot 10^{19}$ | 10,86 |
| $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ | $1{,}07 \cdot 10^{12}$ | 12,03 |
| $[Hg(NH_3)_4]^{2+}$ | $1{,}99 \cdot 10^{19}$ | 19,30 |
| $[Ni(NH_3)_6]^{2+}$ | $1{,}02 \cdot 10^{8}$ | 8,01 |
| $[Zn(NH_3)_4]^{2+}$ | $5{,}01 \cdot 10^{8}$ | 8,70 |
| Бромидные соединения | | |
| Ион | $К_{уст}$ | lg $К_{уст}$ |
| $[AgBr_2]^-$ | $2{,}19 \cdot 10^{7}$ | 7,34 |
| $[Au\,Br_2]^-$ | $2{,}88 \cdot 10^{13}$ | 12,46 |
| $[Bi\,Br_4]^-$ | $6{,}92 \cdot 10^{7}$ | 7,84 |
| $[Cd\,Br_4]^{2-}$ | $5{,}01 \cdot 10^{3}$ | 3,70 |
| $[Hg\,Br_4]^{2-}$ | $1{,}00 \cdot 10^{21}$ | 21,00 |
| $[Zn\,Br_4]^{2-}$ | $3{,}16 \cdot 10^{-3}$ | – 2,50 |
| Гидроксидные соединения | | |
| Ион | $К_{уст}$ | lg $К_{уст}$ |
| $[Ag(OH)_2]^-$ | $1{,}00 \cdot 10^{4}$ | 4,00 |
| $[Al(OH)_4]^-$ | $1{,}00 \cdot 10^{33}$ | 33,00 |
| $[Cd(OH)_4]^{2-}$ | $2{,}63 \cdot 10^{8}$ | 8,42 |
| $[Cr(OH)_4]^-$ | $7{,}94 \cdot 10^{29}$ | 29,90 |
| $[Cu(OH)_4]^{2-}$ | $3{,}63 \cdot 10^{14}$ | 14,56 |
| $[Fe(OH)_4]^-$ | $3{,}63 \cdot 10^{8}$ | 8,56 |
| $[Zn(OH)_4]^{2-}$ | $5{,}02 \cdot 10^{17}$ | 17,70 |
| Иодидные соединения | | |
| Ион | $К_{уст}$ | lg $К_{уст}$ |
| $[Ag\,I_2]^-$ | $5{,}50 \cdot 10^{11}$ | 11,74 |
| $[Bi\,I_4]^-$ | $8{,}91 \cdot 10^{14}$ | 14,95 |
| $[Cd\,I_4]^{2-}$ | $2{,}24 \cdot 10^{5}$ | 5,35 |
| $[Hg\,I_4]^{2-}$ | $6{,}76 \cdot 10^{29}$ | 29,83 |

| Продолжение табл. 11 | | |
|---|---|---|
| Иодидные соединения | | |
| Ион | $К_{уст}$ | lg $К_{уст}$ |
| $[Pb\ I_4]^{2-}$ | $8,32 \cdot 10^3$ | 3,92 |
| $[Zn\ I_4]^{2-}$ | $3,10 \cdot 10^{-1}$ | – 0,51 |
| Нитритные соединения | | |
| Ион | $К_{уст}$ | lg $К_{уст}$ |
| $[Ag(NO_2)_2]^-$ | $6,76 \cdot 10^3$ | 2,83 |
| Роданидные соединения | | |
| Ион | $К_{уст}$ | lg $К_{уст}$ |
| $[Ag(CNS)_2]^-$ | $1,70 \cdot 10^8$ | 8,23 |
| $[Co(CNS)_4]^{2-}$ | $5,12 \cdot 10^{-1}$ | – 0,31 |
| $[Fe(CNS)_6]^{3-}$ | $1,70 \cdot 10^8$ | 3,23 |
| $[Fe(CNS)_4]^-$ | $3,39 \cdot 10^4$ | 4,53 |
| $[Hg(CNS)_4]^{2-}$ | $1,7 \cdot 10^{21}$ | 21,23 |
| Тиосульфатные соединения | | |
| Ион | $К_{уст}$ | lg $К_{уст}$ |
| $[Ag(S_2O_3)_2]^{3-}$ | $2,88 \cdot 10^{13}$ | 13,46 |
| $[Cu(S_2O_3)_2]^{3-}$ | $1,86 \cdot 10^{12}$ | 12,27 |
| Фторидные соединения | | |
| Ион | $К_{уст}$ | lg $К_{уст}$ |
| $[AlF_6]^{3-}$ | $4,68 \cdot 10^{20}$ | 20,67 |
| $[Fe\ F_6]^{3-}$ | $1,86 \cdot 10^8$ | 16,10 |
| Хлоридные соединения | | |
| Ион | $К_{уст}$ | lg $К_{уст}$ |
| $[Ag\ Cl_2]^-$ | $1,10 \cdot 10^5$ | 5,04 |
| $[Au\ Cl_2]^-$ | $2,63 \cdot 10^9$ | 9,42 |
| $[Au\ Cl_4]^-$ | $2,00 \cdot 10^{21}$ | 21,30 |
| $[Bi\ Cl_6]^{3-}$ | $2,63 \cdot 10^6$ | 6,42 |
| $[Cd\ Cl_4]^{2-}$ | $5,01 \cdot 10$ | 1,70 |
| $[Cu\ Cl_2]^-$ | $2,24 \cdot 10^5$ | 5,35 |
| $[Hg\ Cl_4]^{2-}$ | $1,66 \cdot 10^{15}$ | 15,22 |
| $[Sn\ Cl_4]^{2-}$ | 30,20 | 1,48 |
| $[Sn\ Cl_6]^{2-}$ | $6,61 \cdot 10^8$ | 6,82 |
| $[Zn\ Cl_4]^{2-}$ | $1,00 \cdot 10^{-1}$ | – 1,00 |

Окончание табл. 11

| Ион | $K_{уст}$ | lg $K_{уст}$ |
|---|---|---|
| **Цианидные соединения** | | |
| $[Ag(CN)_2]^-$ | $7,08 \cdot 10^{19}$ | 19,85 |
| $[Au(CN)_2]^-$ | $2,00 \cdot 10^{38}$ | 38,30 |
| $[Au(CN)_4]^-$ | $1,00 \cdot 10^{56}$ | 56,00 |
| $[Cd(CN)_4]^{2-}$ | $1,29 \cdot 10^{17}$ | 17,11 |
| $[Co(CN)_6]^{4-}$ | $1,23 \cdot 10^{19}$ | 19,09 |
| $[Co(CN)_6]^{3-}$ | $1,00 \cdot 10^{64}$ | 64,00 |
| $[Cu(CN)_2]^-$ | $1,00 \cdot 10^{24}$ | 24,00 |
| $[Fe(CN)_6]^{4-}$ | $7,94 \cdot 10^{36}$ | 36,90 |
| $[Fe(CN)_6]^{3-}$ | $7,94 \cdot 10^{43}$ | 43,90 |
| $[Hg(CN)_4]^{2-}$ | $9,33 \cdot 10^{38}$ | 38,97 |
| $[Ni(CN)_4]^{2-}$ | $1,00 \cdot 10^{31}$ | 31,00 |
| **Этилендиаминовые соединения** | | |
| Ион | $K_{уст}$ | lg $K_{уст}$ |
| $[Co(en)_3]^{3+}$ | $4,90 \cdot 10^{48}$ | 48,69 |
| $[Cu(en)_2]^{2+}$ | $1,35 \cdot 10^{20}$ | 20,13 |
| $[Ni(en)_3]^{2+}$ | $1,29 \cdot 10^{19}$ | 19,11 |

$CrO_4^{2-}$ + в-ль $\xrightarrow{OH^-}$ $CrO_2^-$; $\xrightarrow{H_2O}$ $Cr(OH)_3, Cr^{3+}$; $\xrightarrow{+H^+}$ $Cr^{3+}$

$Cr_2O_7^{2-}$

$Cr^{+3}(H_2O)_6$ + О-ль (в $H^+$) = $Cr_2O_7^{2-}$

$Cr^{3+}(H_2O)_6$ + О-ль (в $OH^-$) = $CrO_4^{2-}$

Таблица 12

## Ряд активности металлов

| Ox/Red | $\varphi^0$, В | Ox/Red | $\varphi^0$, В | Ox/Red | $\varphi^0$, В |
|---|---|---|---|---|---|
| $Li^+$/ Li | -3,04 | $Mn^{2+}$/Mn | -1,17 | **$2H^+/H_2$** | **0,00** |
| $K^+$/K | -2,92 | $V^{3+}$/V | -0,87 | $Sb^{3+}$/Sb | +0,24 |
| $Rb^+$/ Rb | -2,92 | $Zn^{2+}$/Zn | -0,76 | $Ge^{2+}$/Ge | +0,25 |
| $Cs^+$/Cs | -2,92 | $Cr^{3+}$/Cr | -0,74 | $Bi^{3+}$/Bi | +0,31 |
| $Ba^{2+}$/Ba | -2,91 | $Ga^{3+}$/Ga | -0,53 | $Cu^{2+}$/Cu | +0,34 |
| $Sr^{2+}$/Sr | -2,89 | $Fe^{2+}$/Fe | -0,44 | $Cu^+$/Cu | +0,52 |
| $Ca^{2+}$/Ca | -2,84 | $Cd^{2+}$/Cd | -0,40 | $Rh^{3+}$/Rh | +0,76 |
| $Na^+$/Na | -2,71 | $In^{3+}$/In | -0,34 | $Ag^+$/Ag | +0,80 |
| $La^{3+}$/La | -2,38 | $Tl^+$/Tl | -0,34 | $Os^{2+}$/Os | +0,85 |
| $Mg^{2+}$/Mg | -2,36 | $Co^{2+}$/Co | -0,28 | $Hg^{2+}$/Hg | +0,85 |
| $Be^{2+}$/Be | -1,97 | $Ni^{2+}$/Ni | -0,26 | $Pd^{2+}$/Pd | +0,91 |
| $Al^{3+}$/Al | -1,66 | $Mo^{3+}$/Mo | -0,20 | $Ir^{3+}$/Ir | +1,16 |
| $Ti^{2+}$/Ti | -1,63 | $Sn^{2+}$/Sn | -0,14 | $Pt^{2+}$/Pt | +1,19 |
| $Ti^{3+}$/Ti | -1,21 | $Pb^{2+}$/Pb | -0,13 | $Au^{3+}$/Au | +1,52 |
| $V^{2+}$/V | -1,18 | $Fe^{3+}$/Fe | 0,04 | $Au^+$/Au | +1,83 |

Таблица13

**Окислительно-восстановительные потенциалы водорода, кислорода и некоторых металлов в разных средах**

| 1н. кислота (pH=0) | | Вода (pH=7) | | 1н. щелочь (pH=14) | |
|---|---|---|---|---|---|
| Ox/Red | $\varphi^0$, B | Ox/Red | $\varphi$, B | Ox/Red | $\varphi^0$, B |
| $2H^+/H_2$ | 0,00 | $2H_2O/H_2$ | -0,41 | $2H_2O/H_2$ | -0,83 |
| $O_2/2H_2O$ | +1,22 | $O_2/4OH^-$ | +0,81 | $O_2/4OH^-$ | +0,40 |
| $Al^{3+}/Al$ | -1,66 | $Al(OH)_3/Al$ | -1,88 | $AlO_2^-/Al$ | -2,36 |
| $Bi^{3+}/Bi$ | +0,31 | $BiO^+/Bi$ | -0,04 | $Bi_2O_3/Bi$ | -0,45 |
| $Cd^{2+}/Cd$ | -0,40 | $Cd(OH)_2/Cd$ | -0,41 | $Cd(OH)_2/Cd$ | -0,82 |
| $Co^{2+}/Co$ | -0,28 | $Co(OH)_2/Co$ | -0,32 | $Co(OH)_2/Co$ | -0,73 |
| $Cr^{3+}/Cr$ | -0,74 | $Cr(OH)_3/Cr$ | -0,93 | $CrO_2^-/Cr$ | -1,32 |
| $Cu^{2+}/Cu$ | +0,34 | $Cu(OH)_2/Cu$ | +0,19 | $Cu(OH)_2/Cu$ | -0,22 |
| $Fe^{2+}/Fe$ | -0,47 | $Fe(OH)_2/Fe$ | -0,48 | $Fe(OH)_2/Fe$ | -0,88 |
| $Mg^{2+}/Mg$ | -2,36 | $Mg(OH)_2/Mg$ | -2,38 | $Mg(OH)_2/Mgl$ | -2,69 |
| $Ni^{2+}/Ni$ | -0,26 | $Ni(OH)_2/Ni$ | -0,30 | $Ni(OH)_2/Ni$ | -0,72 |
| $Pb^{2+}/Pb$ | -0,13 | $Pb(OH)_2/Pb$ | -0,14 | $PbO_2^{2-}/Pb$ | -0,54 |
| $Sn^{2+}/Sn$ | -0,14 | $Sn(OH)_2/Sn$ | -0,50 | $SnO_2^{2-}/Sn$ | -0,91 |
| $Zn^{2+}/Zn$ | -0,76 | $Zn(OH)_2/Zn$· | -0.81 | $ZnO_2^{2-}/Zn$ | -1,22 |

Таблица 14

## Стандартные окислительно-восстановительные потенциалы в водных растворах

| Окисленная форма | Восстанов-ленная форма | pH | $\varphi^0$, В | Окисленная форма | Восстанов-ленная форма | pH | $\varphi^0$, В |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $Al^{3+}$ | Al | 0 | -1,66 | $[Cd(CN)_4]^{2-}$ | Cd | 0 | -0,94 |
| $[AlF_6]^{3-}$ | Al | 0 | -2,07 | $Cl_{2(aq)}$ | $Cl^-$ | 0 | +1,36 |
| $Ag^+$ | Ag | 0 | +0,80 | $ClO_4^-$ | $Cl_2$ | 0 | +1,39 |
| AgI | Ag | 0 | -0,15 | $ClO_4^-$ | $ClO_3^-$ | 14 | +0,37 |
| AgBr | Ag | 0 | +0,07 | $ClO_4^-$ | $Cl^-$ | 0 | +1,39 |
| AgCl | Ag | 0 | +0,22 | $ClO_3^-$ | $Cl_2$ | 0 | +1,46 |
| $[Ag(NH_3)_2]^+$ | Ag | 14 | +0,37 | $ClO_3^-$ | $Cl^-$ | 0 | +1,45 |
| $As^{3+}$ | As | 0 | +0,30 | $ClO_3^-$ | $Cl^-$ | 14 | +0,62 |
| $H_3AsO_4$ | $HAsO_2$ | 0 | +0,56 | HClO | $Cl_2$ | 0 | +1,63 |
| $AsO_4^{3-}$ | $As_2O_3$ | 0 | +0,69 | $Co^{2+}$ | Co | 0 | -0,28 |
| $AsO_4^{3-}$ | As | 0 | +0,65 | $Co^{3+}$ | $Co^{2+}$ | 0 | +1,95 |
| $AsO_2^-$ | As | 14 | -0,68 | $[Co(NH_3)_6]^{3+}$ | $[Co(NH_3)_6]^{2+}$ | 14 | +0,10 |
| $Au^{3+}$ | Au | 0 | +1,50 | $Co(OH)_3$ | $Co(OH)_2$ | 14 | +0,17 |
| $Au^+$ | Au | 0 | +1,68 | $Cr^{3+}$ | $Cr^{2+}$ | 0 | -0,42 |
| $[AuCl_4]^-$ | Au | 0 | +1,00 | $Cr^{3+}$ | Cr | 0 | -0,74 |
| $[AuCl_2]^-$ | Au | 0 | +1,15 | $Cr_2O_7^{2-}$ | $Cr^{3+}$ | 0 | +1,35 |
| $H_3BO_3$ | B | 0 | -0,88 | $Cr_2O_7^{2-}$ | Cr | 0 | +0,29 |
| $BO_3^{3-}$ | B | 0 | -0,17 | $CrO_4^{2-}$ | $Cr(OH)_3$ | 14 | -0,13 |
| $Ba^{2+}$ | Ba | 0 | -2,90 | $CrO_4^{2-}$ | $CrO_2^-$ | 14 | -0,16 |
| $Be^{2+}$ | Be | 0 | -1,97 | $Cs^+$ | Cs | 0 | -2,92 |
| $Bi^{3+}$ | Bi | 0 | +0,31 | $Cu^+$ | Cu | 0 | +0,52 |
| $BiO^+$ | Bi | 0 | +0,32 | $Cu^{2+}$ | Cu | 0 | +0,34 |
| $BiO_3^+$ | $BiO^+$ | 0 | +1,80 | $Cu^{2+}$ | $Cu^+$ | 0 | +0,16 |
| $Br_{2(aq)}$ | $Br^-$ | 0 | +1,09 | $Cu(OH)_2$ | Cu | 14 | -0,22 |
| $BrO_3^-$ | $Br^-$ | 0 | +1,44 | $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ | Cu | 14 | -0,07 |
| $BrO^-$ | $Br_2$ | 0 | +1,59 | $[Cu(CN)_2]^-$ | Cu | 0 | -0,44 |
| $BrO^-$ | $Br^-$ | 14 | +0,76 | $F_2$ | $F^-$ | 0 | +2,87 |
| BrO | $Br_2$ | 14 | +0,45 | $Fe(OH)_2$ | Fe | 14 | -0,88 |
| $CO_2$ | CO | 0 | -0,11 | $Fe^{3+}$ | Fe | 0 | -0,04 |
| $CO_2$ | C | 0 | +0,17 | $Fe^{2+}$ | Fe | 0 | -0,47 |
| $CO_3^{2-}$ | C | 0 | +0,48 | $Fe^{3+}$ | $Fe^{2+}$ | 0 | +0,77 |
| $Ca^{2+}$ | Ca | 0 | -2,87 | $[Fe(CN)_6]^{4-}$ | Fe | 0 | -1,50 |
| $Ca(OH)_2$ | Ca | 14 | -3,03 | $[Fe(CN)_6]^{3-}$ | $[Fe(CN)_6]^{4-}$ | 0 | +0,36 |
| $Cd^{2+}$ | Cd | 0 | -0,40 | $Fe(OH)_3$ | $Fe(OH)_2$ | 14 | -0,56 |
| $[Cd(NH_3)_4]^{2+}$ | Cd | 0 | -0,61 | $Fe(OH)_3$ | $Fe(OH)_2$ | 0 | +0,27 |

Продолжение табл. 14

| Окисленная форма | Восстановленная форма | pH | $\varphi^0$, В | Окисленная форма | Восстановленная форма | pH | $\varphi^0$, В |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $FeO_4^{2-}$ | $Fe^{3+}$ | 0 | +1,90 | $NO_2^-$ | $HN_3$ | 0 | +0,79 |
| $FeO_4^{2-}$ | $FeO_2^-$ | 14 | +0,55 | $NO_2^-$ | $N_2O$ | 14 | +0,15 |
| $H_2$ | $H^-$ | 0 | -2,25 | $Na^+$ | Na | 0 | -2,71 |
| $H^+$ | $H_2$ | 0 | 0,00 | $O_2$ | $H_2O$ | 0 | +1,23 |
| HgO | Hg | 0 | +0,93 | $O_2$ | $H_2O_2$ | 0 | +0,69 |
| $Hg_2^{2+}$ | Hg | 0 | +0,79 | $O_2$ | $H_2O_2$ | 14 | +0,08 |
| $Hg^{2+}$ | $Hg_2^{2+}$ | 0 | +0,91 | $O_3$ | $O_2$ | 0 | +2,01 |
| $Hg^{2+}$ | Hg | 0 | +0,85 | $O_3$ | $H_2O$ | 0 | +1,51 |
| $[HgI_4]^-$ | Hg | 0 | -0,04 | $H_2O_2$ | $H_2O$ | 0 | +1,77 |
| $I_2$ | $I^-$ | 0 | +0,54 | $H_2O_2$ | $OH^-$ | 14 | +0,88 |
| $IO^-$ | $I^-$ | 14 | +0,47 | $S_2O_8^{2-}$ | $SO_4^{2-}$ | 0 | +1,96 |
| $IO_4^-$ | $IO_3^-$ | 0 | +1,65 | $F_2O$ | $H_2O$ | 0 | +2,15 |
| $IO_3^-$ | $I_2$ | 0 | +1,19 | P (красный) | $PH_3$ | | -0,10 |
| $IO_3^-$ | $I^-$ | 0 | +1,09 | $H_3PO_4$ | $PH_3$ | 0 | -0,28 |
| $IO_3^-$ | $I_2$ | 0 | +1,45 | $H_3PO_4$ | $H_3PO_3$ | | -0,28 |
| $In^{3+}$ | In | 0 | -0,34 | $H_3PO_4$ | P (красный) | 0 | -0,38 |
| $K^+$ | K | 0 | -2,92 | $H_3PO_2$ | P (красный) | 0 | -0,25 |
| $Li^+$ | Li | 0 | -3,04 | $PO_4^{3-}$ | P (красный) | 0 | -0,13 |
| $Mg^{2+}$ | Mg | 0 | -2,36 | $Pb^{2+}$ | Pb | 0 | -0,13 |
| $Mn^{2+}$ | Mn | 0 | -1,17 | PbO | Pb | 0 | +0,25 |
| $MnO_4^{2-}$ | $MnO_2$ | 14 | +0,62 | $Pb^{4+}$ | $Pb^{2+}$ | 0 | +1,69 |
| $MnO_4^{2-}$ | $MnO_2$ | 0 | +2,27 | $PbO_2$ | $Pb^{2+}$ | 0 | +1,45 |
| $MnO_4^-$ | $MnO_2$ | 0 | +1,69 | $PbO_2$ | Pb | 0 | +0,67 |
| $MnO_4^-$ | $Mn^{2+}$ | 0 | +1,51 | $PbO_2$ | $PbSO_4$ | 0 | +1,68 |
| $Mn(OH)_2$ | Mn | 14 | -1,55 | $Pb_3O_4$ | PbO | 0 | +0,25 |
| $Mo^{3+}$ | Mo | 0 | -0,20 | $Pd^{2+}$ | Pd | 0 | +0,91 |
| $MoO_4^{2-}$ | $MoO_2$ | 0 | +0,61 | $Pt^{2+}$ | Pt | 0 | +1,19 |
| $MoO_4^{2-}$ | $Mo^{3+}$ | 0 | +0,51 | $[PtCl_6]^{2-}$ | Pt | 0 | +0,74 |
| $Ni^{2+}$ | Ni | 0 | -0,26 | $Rb^+$ | Rb | 0 | -2,92 |
| $N_2$ | $NH_4^+$ | 0 | +0,28 | $Rh^{3+}$ | Rh | 0 | +0,76 |
| $N_2$ | $NH_3$ | 0 | +0,06 | $SO_3^{2-}$ | S | 14 | -0,66 |
| $N_2$ | $NH_4OH$ | 14 | -0,74 | $SO_3^{2-}$ | $S^{2-}$ | 0 | +0,23 |
| $N_2$ | $N_2H_4$ | 14 | -1,16 | $H_2SO_3$ | S | 0 | +0,50 |
| $NO_3^-$ | $NH_3$ | 0 | +0,87 | $S_2O_3^{2-}$ | S | 0 | +0,47 |
| $NO_3^-$ | $NO_2$ | 0 | +0,77 | $SO_4^{2-}$ | $H_2SO_3$ | 0 | +0,16 |
| $NO_3^-$ | $NO_2^-$ | 0 | +0,84 | $SO_4^{2-}$ | S | 0 | +0,36 |
| $NO_3^-$ | NO | 0 | +0,96 | $SO_4^{2-}$ | $S^{2-}$ | 0 | +0,15 |
| $NO_2$ | $N_2$ | 0 | +1,36 | $SO_4^{2-}$ | $H_2S$ | 0 | +0,30 |
| $NO_2$ | $NO_2^-$ | 0 | +1,09 | $SO_2$ | S | 0 | +0,66 |

Окончание табл. 14

| Окисленная форма | Восстановленная форма | pH | $\varphi^0$, В | Окисленная форма | Восстановленная форма | pH | $\varphi^0$, В |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S | $S^{2-}$ | 0 | -0,45 | $TiO_2$ | $Ti^{3+}$ | 0 | -0,67 |
| S | $H_2S$ | 0 | +0,17 | $TiO_2$ | $Ti^{2+}$ | 0 | -0,50 |
| $SbO^+$ | Sb | 0 | +0,20 | $TiO^{2+}$ | $Ti^{3+}$ | 0 | +0,10 |
| $SbO_3^-$ | $SbO^+$ | 0 | +0,70 | $TiO^{2+}$ | Ti | 0 | -0,89 |
| $Sb^{3+}$ | Sb | 0 | +0,24 | $Tl^{3+}$ | Tl | 0 | +0,72 |
| $SeO_4^{2-}$ | $H_2SeO_3$ | 0 | +0,05 | $Tl^+$ | Tl | 0 | -0,34 |
| $SiO_3^{2-}$ | Si | 0 | -0,46 | $VO_4^{3-}$ | $VO^+$ | 0 | +1,26 |
| $SiO_2$ | Si | 0 | -0,86 | $VO_2^+$ | $VO^{2+}$ | 0 | +1,00 |
| $SiO_3^{2-}$ | Si | 14 | -1,69 | $V^{3+}$ | V | 0 | -1,18 |
| $H_2SiO_3$ | Si | 0 | -0,79 | $V^{3+}$ | $V^{2+}$ | 0 | -0,26 |
| $Sn^{2+}$ | Sn | 0 | -0,14 | $V^{2+}$ | V | 0 | -1,18 |
| $Sn^{4+}$ | Sn | 0 | +0,02 | $VO^{2+}$ | $V^{3+}$ | 0 | +0,34 |
| $Sn^{4+}$ | $Sn^{2+}$ | 0 | +0,20 | $VO^{2+}$ | $V^{2+}$ | 0 | +0,36 |
| $SnO_3^{2-}$ | $Sn^{2+}$ | 0 | +0,85 | $WO_4^{2-}$ | W | 0 | +0,05 |
| $Sr^{2+}$ | Sr | 0 | -2,89 | $WO_4^{2-}$ | W | 14 | -1,07 |
| $Ti^{2+}$ | Ti | 0 | -1,63 | $WO_2$ | W | 0 | -0,12 |
| $Ti^{3+}$ | Ti | 0 | -1,21 | $[Zn(NH_3)_4]^{2+}$ | Zn | 0 | -1,04 |
| $Ti^{3+}$ | $Ti^{2+}$ | 0 | -0,37 | $ZnO_2^{2-}$ | Zn | 14 | -1,22 |
| $Ti^{4+}$ | $Ti^{3+}$ | 0 | -0,04 | $Zn^{2+}$ | Zn | 0 | -0,76 |

$H_2O +$ $Ti^0 \rightarrow Ti^{+4}O_3^{2-}$
NaOH

$Si + H_2SO_4$ конц. $\rightarrow SO_2 + Si(SO_4)_2 + H_2O$
$Si^0$

Таблица 15

**Криоскопические ($K_к$) и эбуллиоскопические ($K_э$) константы некоторых растворителей**

| Вещество | Температура плавления, $^0C$ | $K_к$ | Температура кипения, $^0C$ | $K_э$ |
|---|---|---|---|---|
| Вода | 0,00 | 1,86 | 100,00 | 0,516 |
| Бензол | 5,53 | 5,12 | 80,10 | 2,57 |
| Уксусная кислота | 16,75 | 3,90 | 118,1 | 3,10 |
| Ацетон | -95,35 | - | 56,24 | 1,72 |
| Этиловый спирт | -114,15 | - | 78,39 | 1,20 |
| Ацетамид | 82,3 | 3,8 | 221,2 | - |
| Диэтиловый эфир | -116,3 | - | 35,6; 34,15 (азеотроп) | 2,16 |
| Формамид | 2,55 | 2,57 | 210,7 | - |
| Хлороформ | -63,5 | - | 61,15; 56,1 (азеотроп) | 3,88 |

Таблица 16

**Давление насыщенного пара воды при разных температурах**

| t °C | P, кПа | t °C | P, кПа | t °C | P, кПа |
|---|---|---|---|---|---|
| **0,0** | 0,611 | **35,0** | 5,622 | **70,0** | 31,161 |
| **5,0** | 0,872 | **40,0** | 7,375 | **75,0** | 38,548 |
| **10,0** | 1,227 | **45,0** | 9,583 | **80,0** | 47,359 |
| **15,0** | 1,704 | **50,0** | 12,335 | **85,0** | 57,803 |
| **20,0** | 2,337 | **55,0** | 15,740 | **90,0** | 70,108 |
| **25,0** | 3,166 | **60,0** | 19,919 | **95,0** | 84,525 |
| **30,0** | 4,242 | **65,0** | 25,008 | **100,0** | 101,325 |

ХИМИЯ

Составители Юдина Елена Александровна
Иванов Михаил Григорьвич
Ващенко Сергей Дмитриевич

Редактор *И.В.Коршунова*

ИД № 06263 от 12.11.2001 г.

Подписано в печать 14.05.2003 Формат 60x84 1/16
Бумага писчая Плоская печать Усл. печ. л. 1,39
Уч.-изд. л. 0,77 Тираж 150 Заказ 251 Цена «С»

Редакционно-издательский отдел ГОУ ВПО УГТУ-УПИ
620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19

Типография ООО «УМЦ-УПИ»
620002, Екатеринбург, ул. Мира, 17, С-134

$\overset{+4}{Si}O_2 + HF \rightarrow \overset{+3}{Si}F_6 +$

$Cr + HNO_3 \rightarrow Cr^{3+}$

$Cr - 3e \rightarrow Cr^{3+}$

$2\overset{+4}{N}O_3^- + 10H^+ + 8e\ \overset{+1}{N_2}O + 5H_2O$ | 2

1

~~$2Cr + 2HNO_3 \rightarrow 2Cr^{3+} + N_2O + 3H_2O$~~

$2Cr + 8HNO_3 \rightarrow 2Cr(NO_3)_2 + N_2 + 3H_2O$